



УДК 621.317; 621.643

## **ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ҐРУНТУ НА ВИЯВЛЕННЯ ДЕФЕКТІВ ІЗОЛЯЦІЙНОГО ПОКРИТТЯ ПІД ЧАС КОНТРОЛЮ СТАНУ ПІДЗЕМНИХ ТРУБОПРОВОДІВ**

**В.С. Цих**

*Івано-Франківський національний технічний університет  
нафти і газу,  
вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019, e-mail:  
[ivs.vitalik@gmail.com](mailto:ivs.vitalik@gmail.com)*

Підземні трубопроводи відіграють важливу роль в системі транспортування енергоносіїв територією нашої держави. З часом їх стан значно погіршується під дією зовнішніх чинників, що може призводити до виникнення аварійних ситуацій. Для запобігання значних фінансових та матеріальних втрат внаслідок аварій, виникає необхідність своєчасного та оперативного контролю стану підземних трубопроводів.

Під час обстеження підземних трубопроводів на наявність дефектів ізоляційного покриття важливу роль відіграє інформація щодо параметрів ґрунту, який оточує досліджувану комунікацію. Досить часто, особливо на території складних технологічних об'єктів (таких як нафтоперекачувальні чи газокompresорні станції), можна зустріти ділянки трубопроводів, які пролягають не тільки під одним видом ґрунту, але і під різними покриттями – асфальтом, щебенем і т. ін. Окрім того, параметри самого ґрунту можуть дуже сильно відрізнятися (вологий чи сухий пісок, суглинок). Також слід звернути увагу на те, що деякі типи ґрунтів через підвищену корозійну активність (кислі ґрунти, солончаки тощо), можуть здійснювати значний вплив на розвиток корозійних процесів матеріалу підземних трубопроводів [1-4].

У зв'язку із наведеним вище, виникає необхідність оцінювання впливу оточуючого ґрунтового середовища на процес обстеження стану ізоляційного покриття підземних трубопроводів.

З метою максимально точного виявлення місця дефекту ізоляції запропоновано почергово застосовувати два



електромагнітних методи контролю: фазовий та амплітудний [5]. Однак у наведених залежностях [5] приймалося, що тип ґрунту на досліджуваній ділянці є однорідним, а самі дослідження поширювалися тільки на підземні трубопроводи, які розміщувалися під одним типом ґрунту. Для розширення сфери дії отриманих теоретичних залежностей необхідно додатково проаналізувати вплив зміни питомого опору ґрунту на досліджуваних ділянках підземних трубопроводів.

З цією метою за допомогою чотиризондового методу з використанням стабілізованого джерела струму були проведені вимірювання питомого опору різних типів ґрунтів, які можуть мати місце на ділянках пролягання підземних трубопроводів. Отримані результати вимірювань наведені в таблиці 1.

**Таблиця 1 – Значення питомого опору різного роду ґрунтів**

Вид ґрунту	Питомий опір, середнє значення (Ом·м)
Асфальт	200 – 3200
Бетон	40 – 1000
Глина	20 – 60
Гравій	300 – 800
Пісок вологий	130 – 400
Пісок зволожений	400 – 1500
Пісок сухий	1500 – 4200
Суглинок	100 – 150
Щебінь вологий	3000
Щебінь сухий	5000

На основі проведених раніше досліджень [5] отримана теоретична залежність для визначення зсуву фази вимірювального сигналу у випадку наявності різних ґрунтових покриттів для бездефектних ділянок трубопроводів:

$$\varphi = 2\pi f \sqrt{\frac{R_C(L_P + L_{S1} + L_{S2})C_C}{Z_i + R_0 + R_C + R_S}} \quad (1)$$

де  $Z_i$  – вхідний опір генератора, який задається його технічними характеристиками, Ом;  $R_0$  – опір розтіканню струмів у ґрунт з досліджуваного трубопроводу, Ом/м;  $R_C$  – погонний опір ізоляційного покриття, Ом/м;  $R_S$  – погонний опір оточуючого ґрунтового середовища, Ом/м;  $L_P$  – погонна індуктивність трубопроводу, Гн/м;  $L_{S1}$  – внутрішня



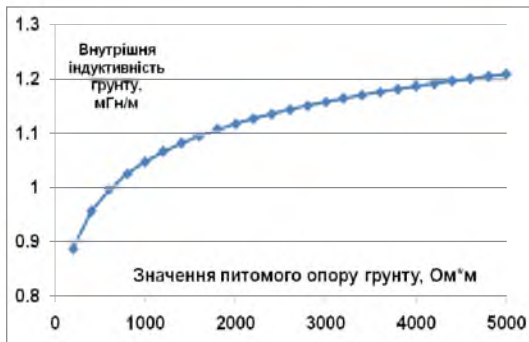
індуктивність ґрунту як провідника, який оточує досліджуваний трубопровід, Гн/м;  $L_{S2}$  – зовнішня індуктивність трубопроводу, Гн/м;  $C_C$  – ємність ізоляційного покриття, Ф;  $f$  – робоча частота, Гц;  $\varphi$  – зсув фази вихідного сигналу відносно вхідного, рад.

Параметр  $L_{S1}$  розраховується згідно наступної залежності, в яку входить значення питомого опору ґрунту:

$$L_{S1} = 2 \cdot 10^{-7} \cdot \left( 5.98 - \ln(r_p + \delta_C) \sqrt{f / \rho_S} \right), \quad (2)$$

де  $r_p$  – зовнішній радіус досліджуваного підземного трубопроводу, м;  $\delta_C$  – товщина ізоляційного покриття, м;  $f$  – частота змінного струму генератора, Гц;  $\rho_S$  – питомий опір ґрунту, який оточує досліджуваний трубопровід, Ом·м

На рисунку 1 наведена залежність зміни внутрішньої індуктивності ґрунту як провідника, що оточує досліджуваний трубопровід, від питомого опору оточуючого ґрунту. Розрахунки проведені для ділянки підземного трубопроводу діаметром 720 мм, з шаром ізоляційного покриття, товщиною 5 мм, при використанні робочої частоти генератора величиною 33 кГц. Вибір оптимальної частоти контролю насамперед пов'язаний із умовами, в яких розміщується досліджуваний трубопровід, а також залежно від довжини досліджуваної ділянки [5, 6].



**Рисунок 1 – Залежність зміни внутрішньої індуктивності ґрунту від значення питомого опору ґрунту**

Отримані залежності (1) та (2) дають змогу оцінювати вплив параметрів оточуючого ґрунтового середовища на процес



виявлення дефектів ізоляційного покриття під час обстеження ділянок підземних трубопроводів.

### Літературні джерела:

1. Корнеєнко, С.В. Проблеми впливу ґрунтового середовища на корозію магістральних газопроводів України / С.В. Корнеєнко, О.М. Корбутяк // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2009. – №46. – С. 42 – 43.
2. Цих В.С. Багатопараметровий контроль стану ізоляційного покриття підземних нафтогазопроводів / В.С. Цих // Вісник Тернопільського національного технічного університету. – 2013. - №3 (71). – С. 220-229. – ISSN 1727-7108.
3. Методика оценки фактического положения и состояния подземных трубопроводов: ВРД 39-1.10-026-2001. – М. : ВНИИГАЗ, 2001. – 62 с.
4. Мухлинін С.М. Вдосконалення методів та засобів контролю якості ізоляційного покриття трубопроводів, що знаходяться у вологих ґрунтах та під водою : дис. канд. тех. наук: 05.11.13 / Мухлинін Сергій Михайлович. – Київ, 2012. – 192 с.
5. Цих В.С. Розроблення методу та засобу контролю дефектів ізоляції підземних трубопроводів : дис. канд. тех. наук: 05.11.13 / Цих Віталій Сергійович. – Івано-Франківськ, 2014. – 155 с.
6. Вяхирев Н.И., Захаренко Л.А., Старостенко В.О. и др. Выбор оптимальной частоты измерительного сигнала для поиска мест повреждения изоляции трубопровода // «Надежность и безопасность магистрального трубопроводного транспорта»: материалы VII Международной научно-технической конференции (Новополоцк, 22-25 ноября 2011 г.). Новополоцк: ПГУ, 2011. С. 136-138.